

하이브리드 탄성표면파-정전기력 코팅 공정 기술 연구

Study of Hybrid Surface Acoustic Wave-Electrostatic coating process

*최경협¹, #고경범², 김형찬², 당현우², 도양희²

*K. H. Choi¹, #J. B. Ko(no1kori@jejunu.ac.kr)², H. C. Kim², H. W. Dang², Y. H. Doh²
¹제주대학교 메카트로닉스공학과, ²제주대학교 전자공학과

Key words : Hybrid surface acoustic wave-electrospray head, Organic thin-film photovoltaic cell

1. 서론

최근 고효율 유기박막 태양전지의 효율을 개선하기 위하여 재료, 기법, 패턴 공정 등에 관해 국내외적으로 활발히 연구되고 있다. 현재 유기박막 태양전지는 기술적으로 변환효율, 안정성, 재료단가, 환경 친화성에 대한 많은 문제점을 안고 있음은 사실이다. 그럼에도 불구하고 유기박막 태양전지는 제조단가, 생산성, 공정 단순성 측면에서 기존의 무기재료 공정의 태양전지보다 상당한 매력을 가지고 있다.[2]

유기 태양전지에 대한 기초 연구의 시작은 1980년대 시작되었으며, MEHPPV (2-methoxy-5-(2-ethyl hexyoxo)- polyphenylenevinylene) 와 C60(Buckmin sterfullerene)의 이중접합체의 형태로 구성된 최초의 태양전지 개발에 의해서다. 초기의 태양전지는 단색광장에서 0.04%의 전력 변환 효율을 보였으나, MEPPV와 C60의 분산 이중접합(heterojunction)벌크와 C60의 용해성 유도체를 사용한 전지가 개발되어 2.5%의 효율을 보여주기도 하였다. 현재는 P3HT(poly-3-hexylthiophene)와 PCBM(phenyl-C61-butyrac acid methylester) 혼합체를 사용하여 모폴로지를 제어한 활성층을 도입한 소자로 효율 5%대에 이르게 되었다.[2]

한편으로 유기 박막 태양전지의 막 형성 기술은 매우 제한적으로 활용되고 있는데, 그 이유는 대부분의 기술이 대량의 소재가 필요하고, 재현성이 떨어진다는데 있다. 막 형성을 위해 사용하고 있는 기술들은 스핀코팅, 닥터 블레이드, 캐스팅, 페인팅, 스프레이 코팅, 슬롯 다이 코팅, 커튼 코팅과 잉크젯 패터닝, 잉크젯 스프레이 방법이 있다. 각각의 방법에는 장·단점이 있지만 이외에 본 논문에서 다루고자 하는 하이브리드 탄성표면파-정전기력 코팅 방법은 정전기력 잉크젯 스프레이 방법과

탄성표면파 분무 공정을 조합하여 패턴의 기관 접촉력과 균일도를 높일수 있는 한가지 대안으로 제시하였다.[2]

본 논문에서는 유기 박막태양전지의 막 형성 방법 중 코팅 기술을 이용한 단계적 적층 공정을 적용할 수 있는 하이브리드 탄성표면파-정전기력 코팅 공정에 대해 소개하고자 한다. 9.6Mhz의 공진 주파수를 갖는 하이브리드 탄성 표면파-정전기력 헤드에서 분산된 용액 입자가 정전기력에 의해 기관 상에 증착이 되도록 공정 장비를 구성하고, 그에 따른 방법을 제시하였다.

2. 공정 장치 설계

하이브리드 탄성 표면파-정전기력 헤드 장치를 설계하기 위하여 탄성 표면파 발생 메커니즘을 분석하였다. 압전 재료인 이방성 128° rotate Y-LiNbO3를 이용하여 탄성표면파를 발생 시킬 수 있다. 탄성 표면파의 진행 방향을 x1이라고 할 때, 표면상에서 수직인 좌표를 x2, 깊이 방향으로 수직인 x3 으로 설정한다. 표면에서 깊어짐에 따라 그 변위는 작아지므로 xi방향으로의 변위 ui는 식(1)로 표현되어 v는 탄성표면파의 속력으로 나타내고 w는 x3 방향에 대한 감소 상수임을 알 수 있다.[1]

$$u_i = A_i e^{-\frac{\alpha\omega}{vx_3}} e^{j\left(\alpha x - \frac{\omega}{vx_1}\right)} \quad (i = 1\sim 3) \quad (1)$$

여기서 압전 재료 정수와 경계조건을 고려해서 식(1)에 대입하여 풀면 탄성표면파에 대한 변위는 식(2)로 표현된다. p는 -F2와 F1의 비율(p= -F2 / F1)이고 F1과 F2는 x1, x2방향의 진폭 계수이므로 표면파의 진행 방향과 깊이 방향으로 변위가 발생한다. u3은 u1에 비해 90도 위상이 진행한 것으로

가정하면 표면 부근에서 파의 진행 방향에 대해 후방으로 타원 회전하고 있다는 표면파의 특징을 알 수 있다.[1]

$$\begin{aligned}
 u_1 &= F_1 \left(e^{-\frac{\alpha\omega}{vx_3}} - pe^{-\frac{cp\omega}{vx_3}} \right) e^{j\left(\alpha x - \frac{\omega}{vx_1}t\right)} \\
 u_2 &= 0 \\
 u_3 &= -j \frac{F_1}{\alpha} \left(e^{-\frac{\alpha\omega}{vx_3}} - \frac{1}{p} e^{-\frac{cp\omega}{vx_3}} \right) e^{j\left(\alpha x - \frac{\omega}{vx_1}t\right)}
 \end{aligned} \tag{2}$$

탄성표면파 발생 메커니즘을 통하여 9.6MHz 공진주파수를 갖는 탄성 표면파-정전기력 헤드를 제작하기 위한 탄성표면파 발생장치(inter digital transducer)의 마스크를 Fig. 1과 같이 설계할 수 있다. 탄성표면파 발생장치는 전극의 수와 간격, 두께, 폭을 변화 시켜 공진주파수를 조절할 수 있다. 하지만 분무 공정에 있어서 약 9Mhz 이상의 공진 주파수를 이용하려면 입자의 크기를 5um이하로 조절할 수 있다. 전극 변환 장치의 탄성 표면파에 의해 분사된 용액은 전기장의 방향에 따라 이동하여 기판에 코팅되게 된다. 따라서 전기장의 방향에 맞게 기판의 높이를 조절하고 마스크와 헤드를 장치할 수 있는 공정 장치의 제작이 필요하다.

3. 공정 방법

하이브리드 탄성표면파-정전기력 공정 장비의 제어를 위하여 탄성표면파 발생 주파수를 인가하기 위한 제어장치를 추가하여야 한다. 탄성표면파 제어 장치는 40Vpp 이상의 진폭과 5kV/us 이상의 고속 고전압 스위칭 성능이 보장되어야 한다. 공정

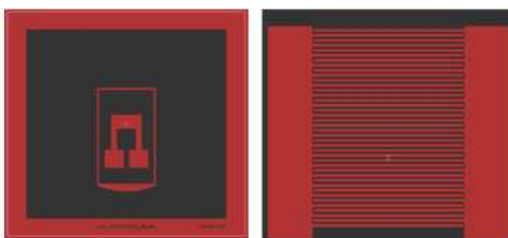


Fig. 1 Design of mask for inter digital transducer

의 순서를 간단히 정리해 보면, 함수 발생장치에서 9.6Mhz의 주파수를 발생시킨다. 다음단의 증폭장치를 이용하여 전류와 전압을 알맞게 조정한다 뒤



Fig. 2 Spray patterning results through mask

전극 변환 장치로 인가한다. 용액의 분무가 시작되면 고전압 장치로부터 1kV이상의 고전압을 인가하여 용액 입자들이 기관 방향으로 향하도록 하여 마스크에 통과한 다음 패턴을 형성하도록 하는 과정을 반복하여 소자를 패터닝 하게 된다.

Fig 2는 앞서 기술한 공정 기법을 적용한 테스트 공정의 마스크 패터닝한 결과를 보여준다.

4. 결론

하이브리드 탄성표면파-정전기력 공정은 고효율 유기박막 태양전지뿐만 아니라 유기 재료를 이용한 다른 소자의 공정에도 적용 가능한 기술이다. 탄성표면파 발생 장치인 전극 변환 장치의 공진 주파수를 높이는 방법을 통해 입자의 크기를 줄이면 소자의 패턴의 균일도를 높이는 한 가지 방법이 될 것이다. 또한, 고전압의 인가를 통하여 용액의 입자가 기판에 확실히 기착되도록 하는 방법을 통하여 기판과 재료사이의 접촉력을 높이는 방법이 될 것이며, 유기 박막 태양전지의 안정성과 수명을 높일 수 있는데 기여할 수 있을 것이다.

후기

본 연구는 한국 연구재단의 2010년 “핵심연구지원 사업(협동)”과제의 지원을 받아 수행되었습니다.

참고문헌

1. J. W. Kim, "A Study on Micro Patternig Method Using Electrically Controlled Nano-particle Deposition," Dissertation submitted to the University of Tokyo for the degree of Doctor of Philosophy, 2005.
2. F. C. Krebs, "Fabrication and processing of polymer solar cells," Solar Energy Materials and Solar Cells, vol 93, issue 4, 394-412, 2009.